

NOTES

D'ANATOMIE ET DE PHYSIOLOGIE

COMPARÉES

PAR

LE Dr PAUL BERT

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

2me Série

Extrait des *Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*,
t. V et VI, 1867-70

PARIS

J.-B. BAILLIÈRE

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE

rue Hautefeuille, 19

1870

MÉMOIRE

SUR LA

PHYSIOLOGIE DE LA SEICHE

(*Sepia officinalis*, Linn.)

L'anatomie des mollusques céphalopodes, et en particulier celle de la Seiche, nous est assez bien connue depuis les travaux de Cuvier, de Delle Chiaje, d'Owen, de Milne-Edwards, de d'Orbigny, etc. Certaines parties ont même été étudiées avec un soin particulier; je citerai, par exemple, le magnifique travail de Hensen (1) sur la structure de l'œil.

Mais au point de vue physiologique, nous ne connaissions guère que les faits d'ordre mécanique qui sont la conséquence forcée de la disposition anatomique des parties. Ni la vivisection, ni l'investigation chimique (hormis pour quelques points de détail) n'avaient été mises en jeu pour l'explication des conditions de la vie chez ces représentants élevés de l'organisation des mollusques.

J'ai entrepris de combler cette lacune importante dans nos connaissances de physiologie comparée, et je me suis promis de n'abandonner ma tâche que lorsque je connaîtrais, au point de vue physiologique, un céphalopode donné, aussi bien que nous connaissons une grenouille, par exemple.

Une semblable monographie physiologique aura non seulement l'avantage de faire connaître les conditions de l'harmonie organique de ces animaux, mais encore il en ressortira très probablement des notions intéressantes pour la physiologie générale.

Cet énoncé suffit à montrer qu'il s'agit ici d'un travail de longue

(1) *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, t. XV; 1865.

haleine, et qui offre maintes difficultés. Ce sont les résultats d'une première campagne, dans laquelle, malheureusement, mon attention a été trop souvent détournée de l'objet principal de mes études, que j'ai l'honneur de soumettre à la Société ([1]).

J'ai pris pour objet principal de mes études la Seiche officinale. Je n'avais à choisir, à Arcachon, qu'entre cet animal, le calmar et le poulpe commun. J'aurais préféré ce dernier, qui est beaucoup plus robuste, et vit plus longtemps hors de l'eau; mais sa rareté est telle, sur nos côtes sablonneuses, que je n'ai pu songer à lui. Quant au calmar, il est, au contraire, beaucoup trop délicat, et reste trop peu de temps dans le bassin d'Arcachon.

Avant d'arriver à l'exposé des faits physiologiques, je dirai quelques mots de questions intéressantes pour l'histoire naturelle de l'animal qui nous occupe.

Les seiches pénètrent dans le bassin d'Arcachon vers la fin du mois de mars. Elles y arrivent en grandes troupes, que suivent nombre de cétacés delphiniens, avides d'une pareille proie. Ceux-ci leur tranchent fort habilement la tête, au niveau de l'os, dont leurs dents redoutent probablement le contact. Aussi, au mois de mars et d'avril, voit-on arriver à la côte une grande quantité de seiches décapitées. Lorsque les seiches ont vaqué à la reproduction, elles reprennent le chemin de la mer; dès le mois de juillet, les femelles deviennent extrêmement rares, tellement qu'il m'a été impossible de faire les observations nécessaires sur deux questions que j'avais grandement à cœur d'étudier : la fécondation et le mode de coloration des œufs. On ne trouve presque plus, en septembre, de seiches venues de la mer; mais les jeunes, qui ont commencé à éclore en mai et juin, et qui, sous le nom de *Casserons,* sont fort recherchées pour l'alimentation, sont assez abondantes. Avec le mois d'octobre disparaissent complètement les seiches, à moins qu'il n'en reste quelques-unes dans les chenaux du bassin, où l'on ne fait pas la pêche de fond. Dans l'Océan, les pêcheurs au chalut en prennent, mais rarement, pendant tout l'hiver.

Ayant eu besoin, en plusieurs circonstances, de reconnaître sur le vivant les individus mâles d'avec les femelles, je me suis attaché

([1]) J'ai réservé pour un prochain Mémoire les résultats d'ordre histologique ou chimique que m'a fournis l'étude des tissus de la seiche. On ne trouvera ici que quelques indications touchant le sang, les liquides de l'œil, etc.

à chercher un caractère distinctif facile à saisir à première vue. Les livres ne m'ont, à ce sujet, fourni aucun renseignement, et même, dans un travail récent, Fisher ([1]) déclare que « la distinction des sexes au moyen de l'aspect extérieur lui a toujours paru impossible. »

La taille ne peut servir de signe, j'en ai eu maintes preuves. Le mode de coloration donne déjà des indications assez bonnes; les femelles, en effet, sont presque uniformément colorées, tandis que les mâles sont zébrés de bandes noires et blanches, transversales, sur les nageoires marginales, et les bras de la première paire; ces zébrures se manifestent surtout lorsqu'on excite l'animal. « On reconnaît le mâle, avait déjà dit Aristote ([2]), à son dos plus bariolé et plus noir que celui de la femelle. » Mais le caractère le plus sûr est tiré des dimensions réciproques du corps et de la tête avec les bras, prises sur la face dorsale. Chez les mâles, ces deux longueurs sont sensiblement égales; chez les femelles, la première est à la seconde comme deux est à trois. Ces proportions sont établies d'après des mesures prises sur le cadavre; sur le vivant, la longueur des bras des mâles s'exagère encore, tandis que chez la femelle ils semblent plus raccourcis. Rien de si facile à constater que ces différences, soit qu'on observe les seiches nageant rapidement à reculons, soit surtout qu'on les examine lorsqu'elles s'approchent avec défiance les unes des autres. Dans ce cas, les mâles allongent extraordinairement les bras de la première paire, qui se couvrent de zébrures très accentuées.

On peut encore, lorsqu'on a l'œil très exercé, reconnaître les mâles d'avec les femelles à la plus grande largeur du corps, en arrière, que présentent celles-ci. Cette différence est due à la forme de l'os : rien n'est plus facile, en effet, que de distinguer l'os d'un mâle d'avec celui d'une femelle; il est chez celle-ci beaucoup plus large et plus excavé en arrière, tandis que sa saillie inférieure est beaucoup moins prononcée et s'avance moins loin en arrière. Lorsqu'on a fait une seule fois cette observation, on voit que la distinction du sexe des seiches d'après la forme de l'os est la chose la plus aisée du monde.

([1]) *Observations sur quelques points de l'histoire naturelle des céphalopodes.* (*Ann. des Sc. nat.*, 5e série, t. VI, p. 313, 1865.)

([2]) *Hist. anim.*, l. V, trad. Camus, t. I, p. 257.

J'ai cru ne pas faire une chose absolument inutile en relevant exactement les dimensions chez deux seiches adultes, de taille sensiblement égale et de sexe différent, des différentes parties du corps.

	Mâle.	Femelle.
Longueur du corps, de la pointe postérieure de l'os à la pointe du bec	20c	20c
De la pointe postérieure de l'os à l'anus	11,8	12,4
Longueur de l'entonnoir	5,3	4,8
Du bord antérieur de l'entonnoir à la pointe du bec	2	2,7
Longueur du 1er bras (l'inférieur)	17	10,5
— bras ravisseur	38	38,5
De l'anus aux orifices vésicaux	2,4	1,6
Distance entre les deux boutonnières (pointes postérieures)	6,5	7,5
— — boutons (pointes externes)	15,5	15
— les origines des deux nageoires (angles ext.)	11,5	11,5
— — — branchies (base)	4,9	6,2
Longueur de la veine branchiale	6,5	6,5
De la base de la branchie à la pointe de l'os	8,1	12,4

On remarquera la longueur du premier bras, beaucoup plus grande chez le mâle (17c) que chez la femelle (10c,5), tandis que les bras ravisseurs sont de dimensions égales dans les deux sexes; les branchies naissent beaucoup plus en avant chez la femelle (12c,4) que chez le mâle (8c,1).

J'ai, de même, pris le poids des différentes parties du corps d'un individu femelle qui venait de pondre une vingtaine d'œufs. (28 juin.)

Tête	60gr	Poids total	254gr
Corps	194		

Ganglion sus-œsophagien	0gr	10
Un ganglion optique	0	80
Cartilage céphalique	1	70
Un œil	4	30
Un cristallin	0	50
Masse buccale	4	50
Bec	0	35
Os	11gr	40
Foie	10	
Les deux branchies	4	50
Ventricule artériel	0	40
Les deux ventricules veineux	0	50
Ovaire	39	
Glandes de l'oviducte	1	40
— du manteau	23	75

Une petite seiche venant d'éclore pèse, pour le dire en passant, 0gr10.

Digestion. — Les seiches sont, comme on le sait, exclusivement carnivores. Le contenu de leur estomac prouve qu'elles se nourrissent principalement de crevettes et de crabes, qu'elles mangent moins souvent des poissons, et beaucoup moins encore des mollusques de petite taille. Elles se dévorent aussi fort bien entre elles; les vieux mâles sont surtout féroces.

Lorsqu'une crevette vivante est jetée près d'une seiche, celle-ci se dirige sur sa proie, ses bras allongés en cône au-devant d'elle; arrivée à portée, elle ouvre ce cône et projette tout à coup les deux longs bras, dits très à tort tentaculaires, et qui ne sont autre chose que des harpons à ventouses. Ces bras sortent rapidement, et leur mouvement est dû à un mécanisme que les excitations électriques ne m'ont pas permis de reproduire sur l'animal mort. C'est la seule circonstance dans laquelle on voit les deux grands bras allongés et libres; constamment la seiche les porte enroulés dans des poches bien connues situées sur les côtés de la tête, et ne les sort même pas pour se défendre.

La proie saisie est fixée par les huit autres bras, puis soumise à l'action des mandibules cornées et de la râpe linguale. Elle traverse alors l'œsophage et entre dans le premier estomac, ou gésier (Milne-Edwards); là, l'aliment est imbibé par les sucs dont je parlerai tout à l'heure ; il sort ensuite par l'intestin, sans avoir jamais pénétré dans le cœcum spiral.

Ces sucs digestifs sont : 1° la salive (les seiches, comme les autres céphalopodes décapodes, ne possèdent que les glandes salivaires inférieures); 2° le produit des glandules œsophagiennes; 3° la sécrétion des parois du cœcum spiral; 4° la sécrétion du foie; 5° celle des appendices qu'on a comparées au pancréas; 6° celle des glandules intestinales.

Je ne sais rien des nos 2 et 6; les nos 3, 4 et 5 ne peuvent être isolés les uns des autres, car les glandes dites pancréatiques versent leur produit dans les longs et fins conduits hépatiques, qui apportent en même temps la bile au cœcum spécial.

Le produit des glandes salivaires est incolore, limpide et acide. On sait qu'un fait semblable a été constaté par Müller et Troschel chez les *Dolium;* selon de Luca, cette réaction est due chez les

gastéropodes à la présence d'acide sulfurique libre, qui s'y trouve, dans la salive du *dolium galea,* dans la proportion énorme de 4 0/0. J'examinerai s'il en est de même pour la salive de la seiche.

De même, le produit complexe 3°, 4° et 5° est incolore, rarement limpide, et toujours *acide*. Cette acidité se retrouve jusque dans les sucs du tissu même du foie, comme je m'en suis assuré sur l'animal sain et vivant. Lorsqu'on broie le foie dans l'eau distillée, et qu'on filtre, après avoir fait bouillir, la liqueur limpide et incolore est elle-même acide. Je m'occuperai également avec soin de déterminer la cause de cette remarquable acidité, qui n'a pas encore été, que je sache, signalée dans le foie d'aucun animal.

Au moment où j'ai commencé mes recherches, les seiches étaient déjà rares dans le bassin, et je n'ai pu m'en procurer une quantité assez grande pour essayer des digestions artificielles. Je me propose d'expérimenter isolément l'action de la salive, du suc exprimé du foie, des sucs complexes du cœcum, sur les corps féculents, gras et albuminoïdes.

Je dirai seulement dès aujourd'hui que la digestion tout entière paraît se faire dans le premier estomac. En effet, c'est là que se réunissent tous les sucs digestifs; car il est facile, en examinant le jeu des organes sur l'animal vivant, de s'assurer que les sucs du cœcum, bien que se déversant à l'entrée de l'intestin, rentrent tous dans l'estomac pour aller imprégner les aliments. Cependant cet estomac lui-même ne fournit aucun suc particulier; aucune glande ne se trouve dans l'épaisseur de ses parois musculaires, que recouvre un épithélium corné, épais, d'où il résulte qu'il mérite parfaitement le nom de *gésier* que lui a donné Milne-Edwards.

On remarquera sans doute cette acidité qui existe dans toute l'étendue du tube digestif; il y a là quelque chose de fort peu en rapport avec ce qu'on enseigne d'ordinaire sur la digestion.

Sang. — Le sang de la seiche est, comme on le sait depuis longtemps, un liquide blanc très légèrement bleuâtre. Exposé à l'air, il bleuit rapidement, jusqu'à prendre une belle couleur outremer; l'action de l'air se manifeste même à travers les parois des vaisseaux sanguins, et lorsqu'une seiche a été ouverte au contact de l'air, on voit au bout de quelques minutes les gros vaisseaux des branchies se colorer d'une manière manifeste. A l'état normal même, et dans l'eau, on aperçoit une légère différence de teinte

entre le liquide des veines efférentes branchiales et celui des artères afférentes.

Selon un chimiste allemand, Harless, le sang des céphalopodes prendrait une teinte bleue par l'action de l'acide carbonique, et se décolorerait par celle de l'oxygène. Je n'ai point fait passer de courant d'acide carbonique dans le sang de mes seiches, mais il me paraît impossible de douter que le changement de couleur ci-dessus décrit ne soit dû à l'absorption de l'oxygène de l'air. Quand on laisse le sang, tiré avec précaution des vaisseaux, dans un tube ouvert à sa partie supérieure, on voit que la couche qui est en contact avec l'air bleuit seule d'abord sur une épaisseur qui va en augmentant sans cesse; si, au contraire, on fait passer de l'air dans le sang ou qu'on l'étale sur une assiette, il bleuit très rapidement. Je regrette de n'avoir pas employé l'acide carbonique pour voir si, précisément, il ne détruirait pas la coloration produite par l'oxygène. La coloration bleue apparaît même dans le sang étendu d'eau et soumis à l'ébullition.

Le sang ainsi extrait de l'organisme présente encore un autre phénomène. Les globules qui flottaient dans son plasma se rassemblent en un très petit caillot, qui, plus lourd que le sérum, tombe au fond du vase. Or, ceci se fait très rapidement, et il est facile de s'assurer que le changement de couleur dont je viens de parler est dû non aux globules, comme cela a lieu chez les vertébrés, mais à une substance dissoute dans le sérum. Il y a probablement là quelque principe immédiat analogue à l'hémato-cristalline des vertébrés, principe que je m'efforcerai d'isoler. Tout ce que je puis dire jusqu'à présent, c'est que le sang de seiche, lentement desséché entre deux plaques de verre, avec ou sans addition d'eau distillée, ne donne point de cristallisation.

Les globules, et avec eux la faible quantité de fibrine qui les réunit en un caillot très petit et très mou, ne constituent, en poids, qu'une partie fort peu importante du sang. Si, en effet, on filtre ce sang, on ne recueille que des quantités de matières extrêmement faibles, et qui, desséchées, correspondent environ à trois ou quatre pour mille du sang employé.

En ajoutant au sang filtré ou reposé une petite quantité de sulfate de soude, puis de chlorure de sodium, selon la méthode de

Denis (de Commercy), on n'obtient aucun précipité; il n'y a donc pas de *plasmine* dans le plasma.

Après coagulation et filtration, le sang, soumis soit à l'ébullition, soit à l'action d'une goutte d'alcool ou d'acide, se coagule en masse. Si, avant de soumettre ce liquide à la chaleur, on l'a additionné de trois à quatre fois son volume d'eau distillée, et qu'on filtre ensuite, la quantité d'albumine coagulée ainsi retenue est équivalente (desséchée) à 31 pour mille du poids du sang.

Enfin, la dessiccation lente, mais poussée jusqu'à 100°, du sang tiré des vaisseaux, y montre une proportion de matières solides égale à 109 pour mille.

Ainsi, le sang de la seiche contient :

Eau	891	
Albumine	31	109
Fibrine et globules	3 à 4	
Sels et substances incoagulables par la chaleur	75	
	1,000	

Tout cela constitue un liquide dont la densité, autant que les instruments peu délicats dont je disposais m'ont permis de la mesurer, est d'environ 1010.

Je ne manquerai pas, comme on peut bien s'y attendre, de rechercher dans le sang la présence du cuivre, qui y a été signalée par Harless et Bibra, et qui, s'il faut en croire les analyses de plusieurs chimistes, remplacerait le fer dans le sang de beaucoup d'invertébrés.

Circulation. — Les travaux de Delle Chiaje, de Milne-Edwards, nous ont fait connaître tous les points importants du mécanisme de la circulation. Nous savons comment le sang de toutes les parties du corps est poussé en avant par une oreillette et un ventricule veineux, situés à la base de chaque branchie, comment il traverse l'appareil respiratoire, et, recueilli par les deux oreillettes et le gros ventricule aortique, est lancé à travers le réseau artériel dans tout l'organisme. Nous connaissons les vastes dilatations dont la distribution et l'importance varient selon les espèces, et dans lesquelles, chez les seiches, prennent naissance les grosses veines qui rapportent aux branchies le sang de la tête. Sur les parois de ces veines se trouve un épithélium délicat et très difficile à voir. Partout ailleurs la communication des artères avec les

veines se fait, comme chez les vertébrés, par l'intermédiaire de vaisseaux capillaires. C'est ainsi du moins que je l'ai vue sur les parois des sinus sanguins, dans la peau, dans les membranes qui forment l'os. Ici, par exemple, les artérioles, se divisant presque toujours à angle droit, donnent dans des anses plus ou moins contournées, dont l'autre extrémité correspond aux veinules; celles-ci, sinueuses, sont d'un calibre plus fort que les artérioles correspondantes, auxquelles elles s'accolent bientôt; le diamètre des tubes les plus étroits m'a toujours paru de 0mm015.

Il est fort étonnant que des anatomistes de grande valeur, et entre autres Von Sieboldt, aient mis en doute la contractilité des ventricules veineux, et les aient considérés non comme des cœurs, mais comme des organes de sécrétion. Il suffit, en effet, d'ouvrir une seiche vivante pour constater leurs contractions régulières. Les oreillettes qui s'y rendent sont elles-mêmes contractiles, de même encore les oreillettes du cœur artériel. Enfin, les grosses veines afférentes des cœurs branchiaux, ainsi que leurs appendices, et les veines efférentes branchiales elles-mêmes, jusque dans leurs ramifications ultimes, présentent des mouvements vermiculaires extrêmement remarquables, mouvements spontanés qui s'exagèrent par le contact de l'air, et qu'on peut augmenter ou ranimer par l'excitation électrique. Ces mouvements sont dus à la paroi propre de ces vaisseaux; mais ils acquièrent une beaucoup plus grande énergie par l'action simultanée de la peau qui les recouvre immédiatement, et qui contient une couche musculaire assez forte.

Les veines efférentes branchiales ne se contractent même que par l'action de cette paroi cutanée. Enfin, les artères qui, des cœurs veineux, se rendent aux branchies, les veines du foie, non plus que les artères issues du cœur aortique, ne présentent rien de semblable, ni mouvements spontanés, ni mouvements excitables. Il en est de même pour les appendices singuliers des cœurs branchiaux, que R. Owen considère comme les analogues des deux paires externes de branchies que présentent les nautiles.

Si, maintenant, sur une seiche ouverte sous l'eau et bien vivante, on examine le mode de succession, le rhythme de ces mouvements, on peut y reconnaître plusieurs temps :

1° Contraction vermiculaire, centripète des grosses veines, et notamment de la veine-cave antérieure;

2° Contraction des cœurs veineux;

3° Contraction des oreillettes du cœur artériel;

4° Contraction du ventricule artériel.

Les battements des deux cœurs veineux, faciles à observer sans autre lésion que la section du manteau, sont simultanés, et ont lieu, chez une seiche adulte, environ 40 fois par minute. Lorsque l'animal est mort, ils persistent, en s'affaiblissant, pendant une couple d'heures environ; les contractions vermiculaires de la grosse veine-cave durent encore plus longtemps.

Il est très remarquable que chez les calmars le cœur bat beaucoup plus vite. Chez eux aussi la respiration est plus rapide, la durée de la vie hors de l'eau bien plus courte, la sensibilité aux agents extérieurs plus grande, la contractilité musculaire, les propriétés nerveuses moins durables après la mort, etc. Une proportion exactement inverse est présentée par les poulpes. Je reprendrai tous ces faits dans un travail spécial, et j'espère montrer la liaison constante de ces phénomènes entre eux, et leur rapport avec la composition chimique des tissus eux-mêmes.

J'indiquerai plus loin le mode d'action des nerfs sur les mouvements des cœurs aortiques et branchiaux.

Respiration. — Je n'ai rien à ajouter à ce qui est connu sur le mécanisme de la respiration : inspiration par le sac des deux côtés de la tête, expiration par l'entonnoir. Peut-être n'a-t-on pas assez insisté sur le rôle du long muscle qui, partant du fond du sac, se rend à la base de chaque branchie; il a pour action, simultanément à chaque inspiration, d'étaler la branchie correspondante, et d'en mettre toutes les parties au contact de l'eau aspirée.

Ces mouvements s'exécutent, chez une seiche immobile, à raison de 55 fois environ par minute; chez le poulpe commun, le nombre est de 28. Pendant le sommeil, ce nombre diminue encore, comme à l'ordinaire; il augmente, au contraire, par l'agitation. Le *Loligo vulgaris,* que je n'ai jamais vu en repos, respire environ 65 fois par minute.

Excrétion urinaire. — Personne ne doute plus aujourd'hui que les poches aquifères de Delle Chiaje, cœcum péritonéaux de Milne-Edwards, qui s'ouvrent par deux orifices, l'un à droite, l'autre à gauche du rectum, et communiquent ensemble, ne soient des réservoirs urinaires. Il est facile de s'assurer d'abord, en faisant

usage de liquides colorés, que l'eau extérieure n'y pénètre jamais. Elles contiennent un liquide notablement acide, et dont la limpidité n'est troublée que par la présence de myriades d'infusoires et d'une grande quantité de petits cristaux d'un beau rouge. Ces cristaux, qui se présentent sous la forme de rhomboèdres ou de lamelles rhomboïdales, sont souvent rassemblés en calculs mûriformes, dont quelques-uns ont 2 et 3 millimètres de diamètre. Traités par l'acide azotique, ils se dissolvent avec effervescence; l'action consécutive de l'ammoniaque donne la belle couleur caractéristique du murexide. Leurs caractères chimiques et microscopiques sont donc ceux de l'acide urique.

Le liquide urinaire, filtré, additionné d'un peu d'acide nitrique, et évaporé avec soin, ne donne aucun cristal que l'on puisse rapporter au nitrate d'urée; l'ébullition ou l'addition de l'acide y occasionne un léger trouble indiquant la présence d'une petite quantité d'albumine.

Il est extrêmement probable que la séparation des matériaux uriques a lieu par l'intermédiaire des appendices qui garnissent les grosses veines et flottent dans le liquide; mais cela n'est pas démontré. La structure de ces appendices est difficile à étudier, à cause de la quantité énorme de parasites dont ils sont couverts, et qu'on ne peut en détacher.

Os. — La coquille interne de la seiche contient du gaz, comme le prouve sa légèreté, qui la fait flotter sur l'eau. En ouvrant sous l'eau le sac qui la contient, et en la broyant avec soin, on obtient, par bulles très petites, une certaine quantité de ce gaz. Cette manière de le recueillir ne permet pas de supputer exactement la proportion d'acide carbonique qui y est contenu. Il n'est cependant pas inutile d'indiquer les chiffres obtenus dans des analyses, suites d'extractions aussi rapides que possible, faites sous l'eau de mer. J'ai ainsi trouvé, pour 100 parties de gaz, des traces non mesurables d'acide carbonique, 2 à 3 pour 100 d'oxygène, et le reste en azote.

Il est très probable que la composition de ces gaz varie suivant des circonstances analogues à celles dont Armand Moreau a analysé l'action dans son travail sur l'air de la vessie natatoire des poissons.

Liquides de l'œil. — Le liquide de la *chambre antérieure* est

visqueux, filant comme du blanc d'œuf. Cependant, ni l'ébullition, ni l'alcool, ni les acides, n'y déterminent de trouble appréciable. Il laisse par la dessiccation un résidu de 4,1 pour 100, composé exclusivement de cristaux blancs, cubiques, qui sont probablement du sel marin.

Celui de la *chambre postérieure* n'a rien de visqueux; les coagulants de l'albumine y donnent un très léger trouble; le résidu de la dessiccation est semblable à celui de la chambre antérieure, mais légèrement coloré en brun; il est de 3,7 pour 100.

Sécrétion du noir. — Elle se rapproche beaucoup de celle du lait. Les cellules épithéliales du sac se remplissent de granulations pigmentaires, puis elles se gonflent de liquide; leurs parois deviennent très minces et difficiles à voir, et elles finissent par éclater. Les granules avec le liquide constituent la partie libre du noir, la seule presque qui soit éjaculée par l'animal. Cette provision est bien vite épuisée, et l'animal devient incapable de noircir l'eau. Si on l'ouvre alors, on voit qu'il lui reste dans la poche une grande quantité de noir, mais visqueuse, épaisse et retenue dans les trabécules du sac; l'application d'un courant électrique en fait encore sortir une partie, mais non tout.

Le rejet du noir est dû aux mouvements péristaltiques de la poche, aidés par la contraction vive de la mince couche musculeuse du manteau qui le recouvre; le liquide se dilue alors, sans s'y dissoudre, dans l'eau que contient le sac respiratoire, et est lancé au dehors par les contractions de ce sac.

Locomotion. — Je dirai d'abord un mot de la manière dont la fermeture du sac est assurée. Il existe, comme on sait, sur la partie antérieure du sac deux saillies cartilagineuses, et deux excavations correspondantes sur les piliers de l'entonnoir. C'est la pression atmosphérique qui maintient ces saillies dans ces excavations. On ne parvient, en effet, à les séparer qu'en exécutant une traction énergique; mais si on introduit l'air dans la cavité par une très fine piqûre d'aiguille, immédiatement la saillie se détache.

Le même résultat peut être obtenu en galvanisant une bande musculaire transversale qui réunit les deux saillies du manteau. Cette bande a pour action de les abaisser en les tirant latéralement. Je n'ai jamais vu, dans l'état de santé, les seiches ouvrir ainsi leur manteau.

La locomotion s'exécute exclusivement par l'action du courant aqueux sortant de l'entonnoir, chez les seiches comme chez les calmars. La membrane latérale (seiches) ou terminale (calmars) ne joue que le rôle de régulateur, de directeur des mouvements. Les bras allongés en cône, l'animal se meut du côté opposé à celui où il tourne l'orifice de son entonnoir; en avant, si celui-ci est dirigé en arrière, etc.

Les seiches poursuivent leur proie en avant, mais elles fuient en reculant, parce qu'elles acquièrent ainsi une beaucoup plus grande rapidité.

Les ventouses qui garnissent les bras ne servent à l'animal qu'à saisir et maintenir sa proie. Jamais les seiches ni les calmars, au contraire des poulpes, ne s'en servent pour la locomotion, sinon lorsque ces animaux sont à sec.

Le jeu de ces petits organes est des plus simples : une membrane frangée, gluante, borde l'anneau corné et papilleux qui les constitue. Cette membrane happe à la surface des corps; aussitôt un muscle longitudinal, qui s'épanouit en formant le fond de la capsule, se contracte et fixe la ventouse en tendant à former le vide. Si l'on emploie, après la mort, l'excitant électrique, on obtient ainsi une succion notable. Pour faire lâcher la ventouse, un petit muscle circulaire, situé au bord antérieur de l'anneau, se contracte, et détruit ainsi l'adhérence de la membrane avec le corps étranger.

Contractilité musculaire. — Les muscles de la seiche, bien qu'appartenant tous au type des muscles lisses, peuvent être divisés, comme ceux des vertébrés, en muscles à contraction rapide et muscles à contraction lente. Chez les premiers, la contraction répond immédiatement à l'excitant, et cesse avec une égale soudaineté; chez les seconds, elle est lente à s'établir, et dure beaucoup plus longtemps.

Les muscles à contraction rapide sont ceux du sac, de l'entonnoir et de ses piliers, des bras, des ventouses, de la peau, des cellules chromatophores, des mâchoires, des cœurs artériel et veineux, des grosses veines qui vont aux cœurs veineux, et de la partie terminale de l'appareil générateur mâle.

Les muscles à contraction lente sont ceux de l'intestin tout entier, qui donnent lieu à des mouvements péristaltiques, et ceux des appendices dits pancréatiques.

Lorsqu'un muscle de seiche se contracte, il ne change pas de volume, et gagne en épaisseur ce qu'il perd en longueur. C'est le même fait que chez les vertébrés, et je l'ai vérifié par la même expérience simple et classique du flacon plein d'eau surmonté d'un tube de verre dont le niveau forme *index*.

La contractilité se conserve, après la mort de l'animal, d'une manière inégale, suivant les différents muscles. Les derniers mouvements excitables sont présentés par les muscles de l'entonnoir.

Quand la contractilité a disparu, le muscle est devenu rigide, et sa réaction, d'abord très légèrement alcaline, est très notablement acide. C'est encore là un fait connu chez les vertébrés.

La contractilité musculaire est encore, comme chez les vertébrés, plus facilement mise en jeu par l'intermédiaire des nerfs moteurs que par une excitation portée directement sur les muscles. En employant des courants électriques graduellement affaiblis, on arrive à un point où leur application sur un muscle ne produit rien ou presque rien, tandis qu'une contraction notable est la conséquence de leur application sur le nerf qui se distribue dans le muscle.

Ceci nous amène à l'étude des propriétés nerveuses.

Propriétés nerveuses (1). — A. Centres nerveux. La grosse *masse sus-œsophagienne* est complètement insensible et inexcitable. Son ablation, quand elle est faite avec soin, de manière à ne pas léser les ganglions sous-jacents, ne paraît déterminer chez l'animal aucun phénomène nouveau. Il nage avec la même facilité, meut également bien ses bras, respire comme auparavant, et est également sensible dans toutes les parties de son corps. Si on le pince en quelque endroit, il se contourne, s'efforce de fuir, et, comme par le passé, essaie, à l'aide de ses bras, d'enlever l'objet qui le blesse. Mais, abandonné à lui-même, il reste immobile, comme inerte, sans nulle détermination volontaire. En un mot, la masse sus-œsophagienne paraît jouir des mêmes propriétés et remplir exactement le même rôle que les hémisphères cérébraux des animaux vertébrés.

(1) Voir, pour les déterminations anatomiques et la structure histologique, l'excellente thèse de Chéron : *Recherches pour servir à l'histoire du système nerveux des céphalopodes dibranchiaux* (*Ann. des Sc. nat.*, 5e série, t. V, 1866), qui m'a constamment servi de guide.

Les gros *ganglions optiques* paraissent également insensibles; leur rôle est tout à fait inconnu.

La *masse sous-œsophagienne* peut être considérée comme composée de deux parties distinctes : l'une, postérieure, de laquelle naissent les gros *nerfs palléaux;* l'autre, antérieure, dite *ganglion en patte d'oie,* qui donne naissance aux nerfs des bras. Ces deux parties sont également excitables, et donnent également lieu à des actions d'ordre réflexe.

C'est, en outre, dans cette grosse masse nerveuse que se passent les phénomènes de régularisation et d'adaptation des mouvements locomoteurs à des usages spéciaux, comme le prouvent les expériences où le ganglion sus-œsophagien a été enlevé. Mais je ne sais pas encore si toutes les parties de ce ganglion jouissent de cette faculté, ou si elle est seulement dévolue à quelque partie plus restreinte, comparable au cervelet des vertébrés, et dont la lésion, sans paralyser les mouvements, empêcherait leur coordination. J'ai cependant des raisons de penser qu'une semblable localisation existe vers la région moyenne du ganglion, au lieu de réunion des deux parties dans lesquelles les anatomistes l'ont divisé.

Le *ganglion en patte d'oie* tient sous sa dépendance les mouvements des bras. Lorsque, chez un animal privé du ganglion cérébral, on l'a séparé par une section transversale de la partie postérieure de la masse sous-œsophagienne, les bras continuent à se mouvoir lorsqu'on les excite, et l'excitation vive de l'un d'entre eux (il va sans dire que les courants électriques ne doivent pas être ici employés) a pour conséquence immédiate l'apparition de mouvements réflexes dans les autres.

De ce ganglion partent, comme on le sait, dix nerfs qui se rendent aux bras. Ces nerfs sont bientôt reliés par un cercle anastomotique, et aux points de rencontre de ce cercle avec les nerfs se trouvent des renflements ganglionnaires. Or, ces renflements sont eux-mêmes le lieu d'actions réflexes; si, en effet, on enlève avec soin le ganglion en patte d'oie, on voit qu'il est encore possible d'obtenir des mouvements dans un bras en pinçant vigoureusement l'un des deux bras voisins; mais l'action est peu étendue et peu énergique.

Enfin, les cellules ganglionnaires répandues sus toute la lon-

gueur des nerfs des bras donnent aussi naissance à des actions réflexes; mais celles-ci sont bornées au bras lui-même. On peut les mettre en évidence en pinçant la peau d'un bras isolé : on voit alors de faibles contractions dans les muscles qui constituent la masse de ce bras lui-même.

La *portion postérieure de la masse sous-œsophagienne* préside aux mouvements respiratoires. On peut enlever, sans arrêter ceux-ci, et le ganglion en patte d'oie et la masse cérébroïde. Mais si la partie dont je parle est détruite ou profondément lésée, ils s'arrêtent aussitôt. Lorsque l'animal, en mourant, a naturellement cessé de respirer, il est possible d'obtenir des mouvements respiratoires des deux côtés du sac, en excitant un des gros nerfs palléaux en un point quelconque de son parcours; il est facile de s'assurer que, dans ce cas, l'action réflexe qui a donné naissance au mouvement respiratoire s'est passée dans la partie postérieure de la masse sous-œsophagienne. Il est à remarquer que les mouvements respiratoires dont je parle ne consistent pas seulement dans la contraction brusque du sac, mais dans l'agitation de la branchie par son muscle érecteur et l'accommodation particulière de l'entonnoir, des valvules latérales du sac, etc.; le centre de tous ces mouvements est dans cette partie dont j'indique en ce moment le rôle.

Il ne m'a pas encore été possible de savoir si cette partie contient quelque point central analogue au point vital ou centre des mouvements respiratoires des vertébrés supérieurs.

Cette portion de la masse sous-œsophagienne commande encore aux mouvements de la nageoire marginale.

Enfin, il est à peu près certain qu'elle tient sous sa dépendance les mouvements des cœurs artériel et veineux, comme on peut le conclure des expériences qui vont être rapportées plus bas; mais je n'ai pas encore fait, pour m'en assurer, d'expériences directes.

Les *ganglions étoilés* ou *palléaux* ne m'ont pas, à mon grand étonnement, présenté d'actions réflexes. Lorsque, sur un animal vivant, je fendais le manteau et coupais le nerf palléal d'un côté, pour isoler le ganglion de l'action des centres péri-œsophagiens, je ne pouvais plus obtenir aucun mouvement d'ordre réflexe, en excitant un point quelconque des nerfs qui sortent de ce ganglion; les expériences les plus variées m'ont toujours donné le

même résultat, alors même que j'employais le courant électrique, à la condition de ne point trop m'approcher du ganglion lui-même. De même, si, sur un animal vivant et intact, on coupe les deux nerfs palléaux, ou, plus simplement, si on tranche complètement la tête, on ne peut plus obtenir aucun mouvement dans le sac ainsi isolé, et dont cependant tous les nerfs moteurs proviennent des ganglions palléaux.

Ceux-ci ne sont donc pas le centre d'actions réflexes; mais ils sont excitables, et leur excitation a pour conséquence un mouvement dans le manteau, et des phénomènes de sensibilité, si l'animal est complet. De plus, ils sont un lieu de renforcement pour les nerfs du manteau. Ainsi, un courant électrique faible, qui ne donnera aucune contraction dans le sac si on l'applique sur le nerf palléal, très près même du ganglion, en donnera une, s'il est porté directement sur ce ganglion. Ainsi encore, quand l'animal est mort, l'excitabilité est conservée dans le ganglion et les nerfs qui en partent un temps notable après sa disparition complète du nerf palléal.

Tous les centres nerveux dont nous venons de nous occuper jusqu'ici contiennent des cellules nerveuses, et, paraît-il, uniquement des cellules apolaires ou unipolaires. Mais d'autres ganglions, appartenant au système du stomato-gastrique (ganglions *sus* et *sous-pharyngien,* ganglion *stomacal*), seraient exclusivement composés, suivant Chéron, de matière nerveuse granuleuse, sans cellules; dans cette matière se perdraient des filets nerveux, tandis que d'autres y prendraient naissance.

Une semblable matière est-elle bien de nature nerveuse? Jouit-elle seulement de la transmissibilité? Est-elle excitable? Est-elle le lieu d'actions réflexes? Autant de questions qui se présentèrent à mon esprit dès que j'eus connaissance des faits annoncés par Chéron, et que je me promis de tenter de résoudre. Questions d'autant plus importantes qu'une semblable matière existe dans les centres nerveux de l'homme, et qu'on voit certains filets sortir des cellules, s'y ramifier et s'y perdre.

Malheureusement, elles sont extrêmement difficiles à attaquer sur les animaux de faible taille dont nous disposons. Peut-être, en effet, pour manifester les actions directes ou réflexes de ces centres, est-il nécessaire d'employer l'électricité, comme pour plu-

sieurs phénomènes dépendant du grand sympathique chez les vertébrés, et l'emploi de l'électricité est la source de maintes erreurs. En outre, les mouvements qu'on peut obtenir par leur intermédiaire sont lents à se manifester, et, d'autre part, souvent spontanés. Aussi, les résultats que j'ai obtenus dans cette première série de recherches ne sont point de nature à porter la conviction dans l'esprit; et, d'autre part, le sujet est si important pour la physiologie générale, qu'il n'y aurait que des inconvénients à énoncer des faits dont les conséquences sont encore douteuses. Cependant, les expériences nombreuses que j'ai faites sur le ganglion stomacal, le plus facile à isoler et à étudier, me font incliner à croire qu'il n'est pas le centre d'actions réflexes.

Nerfs. — A l'exception des nerfs optiques, lesquels ne sont doués que d'une sensibilité spéciale, tous les nerfs de la vie animale sur lesquels j'ai expérimenté, nerfs palléaux avant ou après le ganglion étoilé, nerfs de la nageoire, nerfs des bras, sont à la fois sensibles et moteurs.

Mais je ne saurais affirmer l'existence de ce double rôle chez les nerfs du stomato-gastrique ou sur ceux qui se rendent aux trois cœurs.

Ces *nerfs des cœurs* possèdent une faculté remarquable, tout à fait identique à celle que, simultanément, les frères Weber, en Allemagne, et Cl. Bernard, à Paris, ont signalée dans le pneumogastrique des animaux vertébrés. Si, en effet, on excite ces nerfs par un fort courant d'induction, on voit s'arrêter en diastole les réservoirs contractiles auxquels ils se rendent. L'expérience peut être faite, d'un seul coup, sur les trois nerfs qui longent tous la grande veine médiane. L'arrêt en diastole m'a paru beaucoup plus long pour les cœurs veineux que pour le cœur artériel. Ces faits expliquent pourquoi un cœur veineux, isolé du corps, exagère pendant quelques minutes la rapidité de ses battements.

Or, sur le trajet des nerfs, à la base des cœurs veineux, il existe un petit ganglion; mais rien de pareil n'a été signalé pour le nerf du cœur artériel. Il y aura donc lieu de vérifier ou d'infirmer ici, en examinant surtout comment se comportent les oreillettes, la théorie bien connue de Remak sur le mode d'action des nerfs *arrêtants*, par l'intermédiaire nécessaire de ganglions spéciaux.

Ces nerfs des cœurs prennent naissance dans la partie posté-

rieure de la masse sous-œsophagienne; il est donc très probable qu'en excitant directement cette région centrale, on obtiendrait les mêmes phénomènes; c'est une expérience à faire.

Reproduction. — Je désirais vivement observer la façon dont le mâle introduit ses spermatophores dans les organes génitaux de la femelle. Malgré l'observation intéressante de Lebert et Ch. Robin (1) sur une sorte de houppe de spermatophores fixés dans la cavité du sac d'une femelle de calmar, je pense que chez la seiche le transport de ces organes doit avoir lieu loin du contact de l'eau, qui les ferait aussitôt éclater. J'ai expliqué plus haut comment la rareté des seiches femelles, au moment où je pouvais faire mes observations, m'a empêché de réaliser cette année mon désir. Je n'ai vu, en effet, que deux accouplements (et, à ce propos, je dirai que les mâles se saisissent parfois par la tête de manière à faire croire à un accouplement); dans l'un, après trois minutes de contact, je séparai vivement les animaux, et examinai la femelle : aucun spermatophore n'existait dans son manteau ni dans ses organes génitaux. Dans l'autre cas, ayant attendu davantage, et séparé de même les animaux, j'ai vu que le bras modifié (hectocotylisé) du mâle était plongé dans la cavité du manteau même de l'animal; rien dans celui de la femelle.

L'hectocotylisation, pour le dire en passant, se voit toujours, comme on le sait, à la base du bras gauche; mais chez un animal dont je n'ai pu malheureusement examiner le reste du corps, l'hectocotylisation existait à droite; y avait-il, en même temps, interversion des organes génitaux ?

Les œufs de seiche sont noirs. A quelle matière doivent-ils leur couleur ? Aristote supposait que c'est à l'encre fournie par la mère. Cette hypothèse n'a pas été acceptée de tout le monde : récemment, un malacologiste de grande autorité, Fisher, la déclarait « invraisemblable » ; d'ailleurs, ce n'est qu'une hypothèse.

Il est certain, d'une part, que les œufs sont noirs dès le moment de la ponte, et, d'autre part, qu'ils sont incolores dans toute l'étendue des organes génitaux. Une seule fois, j'ai vu une seiche pondre des œufs presque blancs; il sont restés tels, et étaient inféconds; or, l'animal, fort malade, n'avait presque plus de noir dans la

(1) *Annales des Sciences naturelles*, 3e série, *Zoologie*, t. IV, 1845.

poche. La teinte noire des œufs est due à des granulations très fines, répandues dans toute l'épaisseur de la coque de l'œuf, de plus en plus serrées à mesure qu'on approche de la surface; elles ressemblent tout à fait aux granulations pigmentaires de l'encre telles qu'elles se précipitent dans l'eau. N'ayant pu faire sur leur origine aucune observation directe, j'ai essayé comparativement l'action de divers dissolvants tant sur les coques d'œufs desséchées que sur l'encre elle-même, desséchée aussi, et sur les glandes colorées en rouge du manteau de la femelle. Or, j'ai trouvé, en opérant ainsi, des différences notables pour plusieurs substances. C'est ainsi que l'éther dans lequel on a plongé des coques d'œuf prend, au bout de deux jours une jolie teinte vert-pomme, qui disparaît après huit ou dix jours, sans que jamais l'éther en contact avec l'encre ou avec les glandes ait rien présenté de pareil. Mais pour la question qui nous occupe actuellement, ces expériences ne m'ont fourni aucune solution.

Strychnine et curare. — Les seiches sont extrêmement sensibles à l'action de la strychnine. Ayant plongé une seiche dont la peau était un peu excoriée, dans une solution contenant 10 centigrammes de chlorhydrate de strychnine pour 3330 grammes d'eau de mer, je l'ai vue immédiatement prise de convulsions terribles, lâcher son noir, et se fixer énergiquement par ses huit bras étendus en éventail (les grands bras ravisseurs ne sortant pas de leurs poches); elle cessa de respirer et mourut dans cette position, en trois ou quatre minutes. Ses muscles étaient encore contractiles, ses nerfs moteurs encore excitables; mais la contractilité comme l'excitabilité nerveuse avaient certainement diminué, et les actions réflexes avaient complètement disparu. Les cœurs battaient encore.

Pour un casseron, j'ai réduit la dose à $0^{g}005$ dans 1 litre d'eau, et j'ai obtenu les mêmes phénomènes après 3 minutes; la mort est survenue en 5 minutes; l'animal présentait des convulsions provocables, comme une grenouille. Avec $0^{g}0025$, mort en 35 minutes.

Tout au contraire, les seiches redoutent peu le curare; je donnerai plus tard des mesures précises, mais je puis dire que le peu de sensibilité des seiches à l'action de ce poison si énergique, et la lenteur de cette action m'ont beaucoup étonné. Ainsi, une seiche a mis plus de deux heures avant de succomber à l'introduction

sous la peau d'une dose de curare qui aurait bien tué deux ou trois lapins. Dans cette circonstance, elle commença à se ralentir dans ses mouvements généraux au bout d'une heure environ; puis, elle pâlit beaucoup, et perdit la faculté de dilater ses cellules chromatophores; enfin, elle fut paralysée, incapable de fuir, bien que les mouvements respiratoires, fait remarquable, aient conservé leur rhythme, sinon leur énergie. Les mouvements des bras persistèrent davantage; enfin tout disparut, sauf les battements des cœurs. Jusqu'au dernier moment, l'animal avait, à l'aide des bras restés libres, donné des signes de volonté et de sensibilité dans les parties déjà paralysées.

Ainsi l'action du curare et de la strychnine sont identiques chez les seiches et chez les animaux vertébrés.

Je me propose d'examiner l'action d'autres poisons, et notamment des poisons du cœur (digitale, *upas antiar,* venin de crapaud).

Eau douce. — Un casseron est immergé dans l'eau douce; immédiatement, agitation convulsive; l'animal devient tout noir; après 7 minutes, il ne fait plus aucun mouvement. Examiné après 15 minutes, les cœurs ne battent plus, les chromatophores sont dilatés, la peau n'est plus contractile; mais les muscles du sac et de l'entonnoir, et les nerfs moteurs obéissent encore à l'influence de l'électricité.

Eau chaude. — Une petite seiche naissante, immergée pendant deux minutes dans l'eau de mer à 37-36°, est un instant immobilisée; remise dans l'eau froide, elle revient parfaitement à elle. Dans l'eau à 39-38°, pendant une minute, elle s'immobilise, mais revient de même; après deux minutes, l'eau froide ne peut plus la rappeler à la vie; mais ses muscles et ses cellules chromatophores sont parfaitement contractiles; il en est de même après quatre minutes de séjour. Mais en deux minutes, toute contractilité est perdue dans l'eau à 41°,5-41°.

Si, au lieu de chercher d'une manière absolue la température à laquelle l'animal meurt, on étudie la succession des phénomènes amenés par une température croissante, on voit chez une seiche de grande taille disparaître successivement toute trace de volonté, de sensibilité, et d'actes réflexes; puis les nerfs palléaux cessent d'agir sur les muscles, tandis que les ganglions étoilés et les nerfs qui en sont issus peuvent encore les faire contracter; simultanément

avec ce dernier phénomène, les cœurs ont cessé de battre; enfin, les muscles prennent une réaction acide très manifeste en perdant leur contractilité, et la seiche noircit par suite de la rigidité des muscles dilatateurs des chromatophores. Le sang, retiré des vaisseaux, bleuit comme d'ordinaire au contact de l'air; mais, chose remarquable, il se coagule spontanément, en masse; au moins cela est-il arrivé dans le seul cas où j'aie examiné le sang. Enfin, l'animal, abandonné à l'air, devient phosphorescent comme dans les circonstances ordinaires.

Mort des différents tissus. — Lorsqu'une seiche est retirée de l'eau et qu'on la laisse mourir par lente asphyxie, on voit d'abord disparaître les phénomènes volontaires, puis les actions réflexes : les premiers au bout de quelques minutes, les secondes à peu près vingt minutes après les premiers. (Temp., 24°.)

Environ 40 minutes après la disparition des mouvements volontaires, les nerfs moteurs perdent leur action sur les muscles. Comme chez les vertébrés, la propriété ou du moins la fonction, se perd du centre à la périphérie. Le ganglion palléal est encore excitable dix minutes après le nerf palléal; puis l'excitabilité se perd du centre à la périphérie dans les nerfs qui en sortent.

Les cœurs marchent environ deux heures, et la grosse veine cave médiane environ trois heures.

La contractilité musculaire se perd en quatre heures, plus tôt si l'animal est resté dans l'eau; elle disparaît d'abord aux parois du sac, puis aux muscles de l'entonnoir, et enfin à ceux de la peau. Mais les chromatophores contractent encore leurs petits muscles dilatateurs, lorsqu'on les excite, vingt heures après la disparition des manifestations volontaires. Chez les calmars, la contractilité du sac est perdue après une heure et demie.

Après 48 heures environ d'exposition à l'air, la seiche présente des phénomènes de phosphorescence extrêmement intenses. Sous l'eau, elle ne devient pas phosphorescente; intacte, sa peau seule s'illumine dans l'obscurité, et non les organes sous-jacents. Ces phénomènes apparaissent plus vite lorsque le temps est à l'orage; ils durent jusqu'à la putréfaction.

La peau tout entière ne devient pas phosphorescente; si on ouvre l'animal, on voit se détacher, comme une tache noire sur le corps brillant, toute la partie de la peau qui recouvre les branchies, le

foie, les organes génitaux digestifs, toute la région viscérale, en un mot. Mais la peau munie de chromatophores, et aussi celle qui revêt la face interne du sac musculeux du manteau, luit dans l'obscurité.

Si on isole les principaux organes d'une seiche qui vient de mourir, et qu'on les place à côté les uns des autres, dans des conditions de chaleur, etc., identiques, on voit devenir phosphorescents : les cartilages céphaliques, la peau, la sclérotique, les muscles, tandis que les ganglions nerveux, le foie, l'intestin, les organes génitaux mâles et femelles, le sac du noir, le cristallin et les liquides de l'œil restent toujours obscurs.

La phosphorescence dure environ 48 heures, dans les conditions moyennes de température; elle disparaît, en dernier lieu, des cartilages céphaliques.

Les expériences dont les résultats viennent d'être rapportés ont été exécutées dans le laboratoire annexé à l'Aquarium de la Société scientifique d'Arcachon. Il n'est pas déplacé, je pense, d'entrer ici dans quelques détails touchant cette belle institution scientifique.

Elle se compose de trois parties : un musée, un aquarium, un laboratoire.

Au musée, qui devra recueillir toutes les productions du riche bassin d'Arcachon, est annexée une salle où des conférences ont été faites pendant la dernière saison des bains.

L'aquarium comprend trente et quelques bacs vitrés, de 1 à 2 mètres de capacité, dont l'éclairage est disposé de manière à permettre l'observation facile des animaux qui y sont contenus.

En outre de ces bacs, six vastes bassins, mesurant de 10 à 25 mètres cubes, sont destinés à conserver les animaux de grande taille et ceux qui ne s'accommoderaient pas d'une captivité plus rigoureuse.

Un courant d'eau de mer continu, puisé à quelques mètres de distance (car l'établissement est installé sur le bord même du bassin), entretient dans ces bacs et ces bassins les conditions les plus favorables possibles à la longue conservation des animaux vivants.

Enfin, le laboratoire, que la Société va encore agrandir, a déjà

fourni un emplacement suffisant pour les recherches simultanées de plusieurs anatomistes ou expérimentateurs.

Tel est, en quelques mots, cet établissement, fondé par les seuls efforts de l'initiative privée, nonobstant de mesquines rivalités locales. Tel il est, ouvert généreusement à tous les hommes de science, que la Société convie, par tous les moyens de publicité dont elle dispose, à venir profiter des coûteux sacrifices qu'elle a faits.

En exposant les faits qui précèdent, je n'ai pas seulement cédé au sentiment de gratitude inspiré par le secours que j'ai reçu dans mes travaux, j'ai la certitude de faire un acte utile à mes confrères en science naturelle, à ceux surtout qui sont engagés dans la voie expérimentale. En venant à Arcachon, ils éviteront les ennuis, les pertes de temps et les petits déboires que connaissent tous ceux qui ont essayé d'aller travailler seuls sur le bord de la mer. Ils y trouveront des facilités de travail qu'il est impossible à un homme isolé de se procurer; et, enfin, ils y seront reçus par le président et les membres de la Société scientifique avec une expansion et un désir d'être utile dont j'ai personnellement éprouvé les bienveillants effets.

Il en coûte à ma reconnaissance de terminer ces quelques lignes sans citer un seul nom propre; mais, faut-il le dire, je devrais en citer trop. Chacun, dans l'accomplissement de cette œuvre utile, a mis son argent, son temps, son dévouement. Il n'a rien moins fallu que ce concours exceptionnel de forces pour triompher des difficultés immenses, aggravées par des oppositions qu'il me serait désagréable de qualifier. Ainsi a été fondé, ainsi est entretenu, ainsi est ouvert aux savants, par de simples particuliers, un établissement scientifique qui n'a son analogue nulle part en Europe; un établissement d'utilité publique de l'ordre de ceux dont, dans d'autres branches, la création incombe à l'État. Une telle chose faite, et faite en France, dispense de tout commentaire louangeur.

Paris, 1er novembre 1867.

SUR LA MORT

DANS L'EAU DOUCE

DES POISSONS DE MER

DEUXIÈME NOTE [1]

Les expériences que j'ai rapportées dans ma première Note démontrent que la mort des poissons de mer immergés dans l'eau douce est due, en partie, à la diminution de la densité du liquide. « Très » probablement, disais-je, la différence des densités agit surtout » en raison de la différence des pouvoirs osmotiques, avec laquelle » elle est en rapport. »

Mais le pouvoir osmotique d'un liquide est en rapport, non seulement avec sa densité, mais, comme chacun sait, avec sa composition chimique. Or, l'eau de mer est un liquide très complexe, contenant plusieurs sels qui manquent à l'eau douce : il était intéressant de chercher comment agiraient des modifications portant seulement sur la densité seule de ces liquides et sur la quantité absolue de ses matériaux salins, non sur leur nature ou leur proportion relative.

Les expériences ont été faites avec de jeunes hippocampes, âgés de cinq ou six jours : 1° Trois de ces animaux ont été mis dans l'eau distillée préalablement bien aérée; 2° trois dans l'eau douce (l'eau dite *blanche* à Arcachon); 3° trois dans l'eau de mer, qui, la veille, avait été maintenue en ébullition jusqu'à ce que sa

(1) Voir ci-dessus, page 7.

densité surpassât la densité de l'eau de mer autant que celle-ci surpassait celle de l'eau douce n° 2; cette eau avait ensuite été agitée et laissée vingt-quatre heures au contact de l'air; 4° trois dans l'eau de mer ramenée par l'addition d'eau distillée à la densité de l'eau douce n° 2; 5° trois dans l'eau de mer ordinaire (comme *témoins*). J'aï à peine besoin d'ajouter que toutes les autres conditions (capacité des vases, etc.) étaient égales pour tous les animaux en expérience.

Les poissons des n°s 1 et 2, c'est à dire de l'eau distillée et de l'eau douce, sont morts sensiblement dans le même temps (maximum une heure); ceux du n° 3 ont vécu bien plus longtemps (maximum cinq heures); enfin, ceux des n°s 4 et 5 étaient encore vivants vingt-huit heures après le début de l'expérience.

Il résulte d'abord de ces faits que les poissons d'eau de mer redoutent beaucoup plus l'augmentation de la densité du liquide dans lequel ils sont plongés que la diminution de cette densité : étant supposé, bien entendu, que la valeur de l'augmentation est égale à celle de la diminution.

Mais nous en tirerons encore une conséquence bien plus importante : Si les poissons de mer immergés dans l'eau douce y périssent rapidement, ce n'est pas à cause de la moindre densité de ce liquide, en tant que densité; c'est à cause de la composition chimique différente du liquide, laquelle est nécessairement liée à une certaine différence dans son pouvoir osmotique, et, par suite, dans la perméabilité des membranes respiratoires. Nous arrivons donc, par une autre voie, à la conclusion déjà énoncée dans ma première Note; il n'y a rien d'étonnant à ce qu'en augmentant, à l'aide d'un peu de sucre, le pouvoir osmotique de l'eau douce, j'aie pu me rapprocher des conditions physiques présentées par l'eau de mer, et conserver un peu plus longtemps mes poissons vivants.

Si, au lieu d'employer le sucre, on emploie le sel marin, on arrive à des résultats bien plus favorables encore, comme, du reste, on le sait depuis longtemps. De jeunes hippocampes semblables à ceux dont il vient d'être question, placés dans l'eau distillée ramenée à la densité de l'eau de mer par l'addition de chlorure de sodium, vivent dans cette solution plus longtemps que dans l'eau douce (maximum six heures).

Le sel marin est donc une des causes importantes de la propriété que nous étudions dans ce moment; mais les autres substances contenues dans l'eau de mer agissent évidemment dans le même sens, et ne peuvent pas être, sans danger pour l'animal en expérience, supprimées ou remplacées par le chlorure de sodium.

Je n'ai parlé jusqu'ici que de l'action de l'eau douce sur les membranes respiratoires, parce que cette action est la seule qui puisse expliquer la mort rapide des poissons recouverts d'écailles, ou surtout des poissons cuirassés, comme les hippocampes. Ainsi, quand ces animaux ont perdu tout mouvement volontaire, quand ils sont considérés, et doivent l'être, comme morts, ils possèdent encore et la contractilité musculaire et l'excitabilité nerveuse, et même, pendant un temps, ils présentent encore les phénomènes réflexes.

Mais si on met en expérience des animaux dont la peau non protégée peut être comparée à une muqueuse, on obtient des résultats différents. D'abord, la mort est beaucoup plus rapide. Ainsi, un Amphioxus immergé dans l'eau douce est presque aussitôt pris de convulsions violentes, et, après trois ou quatre minutes, devient immobile et tombe au fond du vase. Il est alors raide, dur; les muscles des cirrhes buccaux sont fortement contractés; sa peau et bientôt les tissus sous-jacents perdent leur transparence et deviennent opaques, effet que l'eau douce produit sur un grand nombre de substances albuminoïdes. Dans cet état, il est ou insensible ou incapable de manifester sa sensibilité, bien qu'il ait conservé sa contractilité musculaire, diminuée déjà. Le laisse-t-on dans l'eau douce quelques minutes encore, cette contractilité elle-même est détruite, et le mouvement des cils vibratiles intestinaux est la dernière manifestation vitale que présente l'animal. Ainsi, chez lui, la différence de pouvoir osmotique du liquide ambiant a agi sur toute la superficie du corps, et ses effets ont graduellement supprimé les propriétés vitales des éléments anatomiques nerveux et musculaires. Du reste, cette perte n'est pas définitive. Si l'on n'attend pas trop longtemps (de dix à quinze minutes) et qu'on replonge l'animal dans son élément naturel, on le voit redevenir peu à peu transparent, se ramollir, et exécuter, quand on l'excite, des mouvements réflexes.

Une seiche nous présenterait des phénomènes analogues, et la

noirceur de sa peau, due à la rigidité des muscles dilatateurs de ses cellules chromatophores, témoignerait, immédiatement après l'immersion, de l'exosmose dont ceux-ci sont le siége.

Tous les faits que nous avons jusqu'ici constatés concordent donc pour nous faire admettre que la mort des animaux marins immergés dans l'eau douce est la conséquence de l'action exosmotique de ce liquide. Si l'animal n'a point, pour protéger ses tissus, quelque cuirasse cutanée, ceux-ci souffrent directement; l'immobilité et la mort surviennent rapidement. Dans le cas contraire, ces phénomènes ne sont que secondaires, et résultent de l'asphyxie consécutive à l'altération des membranes respiratoires.

Il reste à voir maintenant en quoi consiste cette altération; il nous faut, en outre, chercher à expliquer comment, chez certains poissons (anguilles, saumons, mulles...), la modification apportée dans les actes respiratoires se fait assez lentement pour que la mort n'en soit point la conséquence. D'autres questions, qu'il serait oiseux d'énoncer ici, devront encore être étudiées, et peut-être de leur étude résultera-t-il quelque explication de l'action spéciale incontestable dans ses effets, inconnue dans sa cause, que les bains de mer et, en général, les bains minéraux exercent sur l'organisme de l'homme.

Les expériences ci-dessus rapportées ont été faites dans le laboratoire de la Société scientifique d'Arcachon.

Paris, 1er décembre 1867.

LES ANIMAUX

VOIENT-ILS LES MÊMES RAYONS LUMINEUX QUE NOUS?

Lorsque les vibrations éthérées dont le centre est un corps progressivement chauffé arrivent à se succéder avec une rapidité telle que leur longueur d'onde est d'environ huit cents millionièmes de millimètre, elles deviennent susceptibles, si elles entrent en rapport avec notre rétine, d'impressionner celle-ci, et cette impression transmise à l'encéphale donne lieu à une sensation que nous appelons lumineuse. Si les vibrations deviennent de plus en plus rapides, nous les percevons avec une netteté et une acuité d'abord de plus en plus grande : le maximum a lieu quand la longueur d'onde atteint environ six cents millionièmes; puis, l'intensité de l'impression qu'elles exercent va en diminuant, et, aux environs de trois cents millionièmes de millimètre, elles paraissent cesser de pouvoir mettre en action soit la rétine, soit le cerveau.

La question peut être présentée sous une forme plus connue. Lorsque les charbons de la lampe électrique sont portés à une très haute température, ils deviennent incandescents, lumineux; ils émettent alors des rayons dont la longueur d'onde est très différente, mais qui cheminent ensemble. Les disperse-t-on par l'emploi d'un prisme, ils s'étalent en une longue bande à laquelle on a donné le nom de *spectre*. Or, comme chacun le sait, il y a dans ce spectre trois régions successives, que l'on désigne sous les noms de région ou spectre *calorifique, lumineux* et *chimique*. Sans insister, plus que je n'ai le droit de le faire, sur

ce qui appartient au domaine de la physique, il faut bien que je relève ces expressions, qui ont introduit dans l'esprit de beaucoup de personnes les idées les plus fausses; on se figure assez volontiers, par exemple, que les rayons chimiques du spectre sont les seuls qui puissent opérer les transformations chimiques qui sont sous l'influence de la lumière, tandis que cette expression veut simplement dire : rayons dont on n'a pu constater la présence qu'en leur faisant opérer certaines transformations chimiques.

Ces erreurs sont plus importantes pour nous en ce qui concerne les rayons dits lumineux. Il ne manque pas de gens qui croient que les rayons, que nous voyons dans le spectre, ont une propriété de *luminosité* particulière, qui les différencie complétement des autres; mais les physiciens sont aujourd'hui unanimes pour repousser cette manière de voir. Ces rayons ou, pour parler plus exactement, ces ondulations ne diffèrent de celles qui les précédent ou les suivent que par une vitesse, et, conséquemment, par une force vive différente. Si, pour les unes, cette force vive est capable à un plus haut degré de donner naissance, par exemple, au courant d'une pile thermo-électrique, ou encore d'impressionner les terminaisons de nos nerfs cutanés, de produire, comme on dit, de la chaleur; si, pour les autres, elle est capable à un plus haut degré de modifier certains équilibres moléculaires, de décomposer, par exemple, le chlorure d'argent, d'exciter chez les animaux, comme je l'ai montré par des expériences encore inédites, la formation du pigment cutané; si, enfin, pour toute une série intermédiaire, elle peut, par voie physique (transformation en chaleur, en électricité, etc.) ou par voie chimique, ébranler notre rétine, et donner naissance aux diverses sensations lumineuses, ces effets si différents sont en rapport non avec une forme d'onde ou une périodicité différente, mais simplement avec une durée différente des vibrations éthérées. Le fait d'être lumineux dépend donc bien moins de la nature du rayon agissant que de la nature de la rétine réagissante, et surtout que de la région centrale du système nerveux à laquelle se trouve transmis l'ébranlement rétinien. Faites tomber sur l'extrémité de nos nerfs cutanés un ensemble suffisant de rayons pris dans la région visible du spectre, là où les vitesses sont les moindres, dans le rouge, en un mot, et vous n'éprouverez, quelque intensité que vous donniez à votre

source lumineuse, qu'une sensation de chaleur; sur la rétine, au contraire, la sensation, d'ordre spécial, sera dite lumineuse. Or, les rayons sont les mêmes; qu'y a-t-il donc de changé?

Il y a de changé la terminaison nerveuse d'abord. Aucun fait ne prouve qu'un rayon lumineux amené sur la surface de section d'un nerf optique produirait une sensation lumineuse. Au moins, lorsque ce rayon tombe sur la continuité même des fibres nerveuses (comme dans la papille du nerf optique), il paraît à peu près inactif. Non que l'ébranlement du nerf optique ne soit suffisant; tous les faits de lumière subjective, et notamment les phosphènes par pression, sont là pour le prouver. Mais il est fort possible que la force vive si minime des rayons lumineux ait besoin, pour donner naissance à un ébranlement du nerf, d'un lieu spécial où puissent, grâce à de délicates dispositions, s'opérer des transformations auxquelles je faisais allusion tout à l'heure. Je signale ici en passant ce sujet d'expériences curieuses et difficiles.

Il y a de changé ensuite la nature du centre nerveux. En admettant, et cela est fort probable, que l'ébranlement du nerf optique est identique en nature avec celui d'un nerf de sensibilité quelconque, il est certain que ces ébranlements ne se différencient, quant aux notions qu'ils nous apportent, que par le lieu des centres nerveux où ils se rendent. En d'autres termes, la loi des *énergies spécifiques* de J. Müller doit être transportée des conducteurs nerveux aux centres nerveux eux-mêmes.

Ou, pour parler plus clairement, les nerfs sont des conducteurs indifférents, capables de transmettre toutes les excitations qui parviennent à les ébranler; mais, suivant le centre impressionné, nous avons telle ou telle sensation. Si, par exemple, la section du nerf optique donne une sensation lumineuse, ce n'est pas en vertu d'une propriété spéciale du nerf, mais bien à cause de la région des centres nerveux auquel il aboutit.

Il nous est donc parfaitement permis de penser que cette relation qui existe entre les vibrations de certaines longueurs d'onde et notre appareil rétinien, n'existe pas chez tous les animaux. Il est fort possible, en effet, j'ose même dire qu'il est très vraisemblable, *à priori*, que certains rayons, capables d'impressionner notre œil, ne puissent pas impressionner l'œil d'autres animaux, surtout si ces animaux sont fort éloignés de nous et par leur constitution anato-

mique générale et par la structure de leur œil. Il est très vraisemblable, en outre, que certains rayons, que nous ne percevons pas à l'état lumineux, puissent parfaitement être perçus par d'autres animaux. En un mot, il se peut que certains animaux ne voient pas les rayons du spectre que nous voyons, et en voient d'autres que nous ne voyons pas.

Je laisse, pour le moment, de côté ce qui a rapport aux limites exactes de l'étendue que nous pouvons voir dans le spectre, limites qui ont été si extraordinairement reculées du côté du violet par les expériences toutes récentes de M. Mascart, et je veux rendre compte à la Société d'expériences entreprises pour résoudre la question ci-dessus énoncée, question qui présente un grand intérêt, non seulement au point de vue de la philosophie naturelle, mais spécialement au point de vue de la physiologie humaine.

J'ai pensé à utiliser, pour faciliter l'expérience, le phénomène si remarquable de *venir à la lumière*, que présentent beaucoup d'animaux, et surtout d'animaux aquatiques. Ne pouvant songer à passer en revue tous les types du règne animal, j'ai voulu m'adresser à des animaux aussi différents que possible de nous par la constitution générale de leur corps, et dont l'œil fût, quant à sa structure, aussi différent que possible du nôtre.

Il fallait, en outre, que ces animaux eussent des mouvements rapides, afin qu'on fût clairement averti de l'influence qu'exerçait sur eux la lumière.

J'ai fait choix de petits animaux extrêmement communs dans nos eaux douces, les Daphnies puces, petits crustacés presque microscopiques de l'ordre des Cyclopes. L'œil unique et médian de ces animaux appartient au type des *yeux composés lisses* (Milne-Edwards); il est constitué par un ensemble de cônes (cristallins?), placés derrière une cornée commune, laquelle ne présente pas les facettes des yeux des articulés supérieurs. Ces petits animaux recherchent beaucoup la lumière, et se précipitent vers elle avec une activité des plus curieuses.

J'en plaçai un grand nombre dans un vase de verre bien noirci, et où la lumière ne pouvait pénétrer que par une fente étroite. Puis, je les soumis, avec l'assistance de M. Bourbouze, préparateur de physique à la Faculté, à l'action des divers rayons du spectre de la lumière électrique.

Mes Daphnies erraient, dispersées d'une manière à peu près égale dans toute l'étendue du vase obscur, lorsque, soudain, je fis tomber sur la fente un rayon coloré, un rayon vert. Aussitôt, elles s'agitèrent, se groupèrent toutes dans la direction de la traînée lumineuse, et un très grand nombre s'en vint se heurter, montant et descendant sans relâche, contre la paroi qui recevait la lumière. Un écran étant alors interposé, elles se dispersèrent à nouveau. Or, un semblable résultat fut obtenu pour toutes les régions du spectre visible. Le rouge, le jaune, le bleu, le violet même, attiraient les Daphnies. Seulement, il fut facile de remarquer qu'elles accouraient beaucoup plus rapidement au jaune ou au vert qu'à toute autre couleur, et que même, si à ces rayons on faisait succéder immédiatement les rayons violets, un certain nombre des animaux s'éloignaient momentanément de la fente lumineuse; je reviendrai plus loin sur l'importance de ces faits.

Mais voici un premier point établi : les Daphnies voient tous les rayons lumineux que nous voyons nous-mêmes.

Passons au second point. Au lieu de faire tomber sur la fente l'extrémité éclairée en rouge du spectre, allons un peu au-delà, et amenons cette région invisible où, précisément, la pile thermo-électrique nous donnerait le maximum de chaleur. (Je dois dire ici, et les physiciens comprendront l'importance de cette remarque, que notre prisme disperseur était un excellent prisme en flint-glass.) Pour nous, la fente est dans l'obscurité; sera-t-elle lumineuse pour les Daphnies? Non, aucune ne se dérange, et elles se répandent indifféremment dans toute l'étendue du vase. Mais si je fais un peu tourner le prisme, si j'amène sur le bord de la fente une mince ligne colorée, aussitôt le spectacle change, elles s'empressent toutes, grattent la paroi, et se disputent l'étroit espace par où pénètre la lumière. Je détourne un peu celle-ci, aussitôt chaque animal reprend son allure indifférente. Enfin l'ultra-violet me donne les mêmes résultats, mais non avec la même netteté, et cela se comprend, puisque la visibilité du spectre ne cesse pas brusquement du côté du violet comme elle le fait du côté du rouge, mais se dégrade et diminue insensiblement.

Voici donc un second point établi : les Daphnies ne voient aucun des rayons lumineux que nous ne voyons pas nous-mêmes.

Ainsi, ce que je considérais comme très possible, comme très

vraisemblable même *à priori,* ne s'est pas confirmé. Les limites de visibilité du spectre sont les mêmes, sensiblement, pour ces animaux et pour nous. Or, en tenant compte des différences plus haut signalées touchant la structure de l'œil et le type zoologique, nous en arrivons, en renonçant à notre proposition primitive, et généralisant les résultats obtenus chez les Daphnies, à dire :

Nous devons admettre, jusqu'à preuve contraire, que tous les animaux voient les rayons lumineux que nous voyons nous-mêmes, qu'ils n'en voient pas d'autres, ou, pour mieux dire, qu'il n'y a de lumineux, pour les animaux, que ceux que nous appelons ainsi.

Voilà pour la philosophie naturelle; mais quel parti tirerons-nous de ces expériences au point de vue de la physiologie humaine? Et d'abord, pourquoi ne voyons-nous pas certains rayons du spectre? Ce peut être pour trois raisons : 1° parce que ces rayons sont réellement invisibles, c'est à dire incapables d'ébranler notre rétine; 2° parce que, dans le spectre, leur intensité est trop faible, et qu'il en est d'eux comme de la lumière blanche par trop atténuée; 3° parce qu'ils sont interceptés par les milieux réfringents de notre œil, ce qui nous ramène à la seconde raison.

Pour les rayons ultra-violets, la question d'intensité domine; en augmentant celle-ci, nous pouvons arriver à voir jusqu'à des vibrations dont la longueur d'onde n'est que de deux cent vingt millionièmes de millimètre (Mascart). Je ferai cependant observer que cette visibilité n'est peut-être possible qu'à cause de la fluorescence considérable des milieux de l'œil, qui allonge les ondes lumineuses; dans tous les cas, il est à remarquer qu'aucune sensation colorée nouvelle n'a ainsi été obtenue.

Quant aux rayons ultra-rouges, il est probable qu'ils sont réellement invisibles, et qu'au-delà d'une longueur d'environ huit cent dix millionièmes de millimètre (Helmholtz), les ondes éthérées sont incapables d'exciter notre rétine. Il est bien vrai que les milieux transparents de l'œil en interceptent la plus grande partie; mais il résulte des expériences de Franz [1] qu'une très notable proportion les traverse encore, et cependant notre rétine ne nous en avertit pas. Il est à désirer, cependant, qu'on dispose des expériences

[1] *Ueber die Diathermasie der Medien des Auges* (Poggendorff's Ann. vol. 115, p. 226; 1862).

spéciales dans le but d'augmenter considérablement l'intensité de la source des rayons ultra-rouges, et de voir alors si notre œil en percevra l'existence.

Mais à défaut de ces expériences directes, nos recherches sur les Daphnies fournissent à l'étude de cette question un appoint qui n'est pas à négliger; car, puisque les limites de visibilité semblent être les mêmes pour nous et pour des animaux dont l'œil sans liquides est si différent du nôtre, ne trouvons-nous pas là une raison de plus pour supposer que le rôle des milieux de l'œil est tout à fait secondaire, et que la visibilité tient à l'impressionnabilité de l'appareil nerveux lui-même?

Nous en arrivons donc à établir un rapport constant et très remarquable entre une certaine région du spectre et la matière nerveuse; entre la force vive de certains rayons, et l'impressionnabilité de cette matière, d'où résulte la transmission, la sensation, la perception, autant de manières d'être de cette force vive. Mais, avant d'en arriver à cette formule générale, reprenons les expériences avec nos Daphnies; elles ne nous ont pas tout donné.

Je disais tout à l'heure que les rayons jaunes attiraient beaucoup plus vite les Daphnies que ne font les rayons bleus ou violets. Le docteur Krishaber, qui assistait à ces expériences, me donna l'idée de faire tomber le spectre tout entier sur un vase à glaces parallèles, afin de mieux voir comment mes animaux se comporteraient en présence des divers rayons. Je pris donc une cuve dont la longueur avait environ deux fois la longueur du spectre au lieu où elle l'interceptait; le spectre tombait au milieu de la cuve, dont les deux extrémités se trouvaient ainsi dans l'obscurité.

Or, les Daphnies qui peuplaient l'eau de la cuve ne tardèrent pas à se grouper d'une manière extrêmement curieuse. L'immense majorité se plaça dans le jaune, le vert, l'orangé; c'était une agitation, un grouillement extraordinaires. Une assez grande quantité se voyaient encore dans le rouge, un certain nombre dans le bleu, quelques-unes, de plus en plus rares, à mesure qu'on s'éloignait, dans les régions plus réfrangibles du violet et de l'ultra-violet; au-delà du rouge, au-delà de l'ultra-violet, dans les régions invisibles, en un mot, on n'en trouvait que d'isolées, en promenade accidentelle. En un mot, la région la plus lumineuse du spectre, était, pour ces Daphnies, la même que pour nous. Ces animaux se

comportaient comme l'auraient fait une masse d'hommes qui, éclairés par un spectre immense, et voulant lire un livre, par exemple, s'approcheraient tous du jaune et s'éloigneraient du violet.

L'appréciation si diverse de l'intensité des diverses couleurs, question qui préoccupe tant les physiologistes et les physiciens, n'est donc pas particulière à notre espèce ni en rapport avec une propriété particulière des milieux réfringents de notre œil ou une structure particulière de notre rétine elle-même. Elle est générale, elle est la même chez les êtres les plus différemment constitués; elle est, par suite, probablement la même chez tous les animaux.

Ainsi donc ce sont, chez tous les animaux, les rayons d'une même force vive qui occasionnent la sensation lumineuse maximum; ces rayons correspondent à la région orangé-jaune-vert du spectre; le pouvoir éclairant, bien connu de cette région, agit donc sensiblement avec la même intensité relative chez tous les animaux.

La méthode d'expériences que j'ai employée, prête, je le sais, à des objections sérieuses. En effet, j'ai pris des animaux aquatiques, et mes observations ont été faites dans l'eau. Or, l'eau intercepte, comme on le sait, la plus grande partie des rayons calorifiques obscurs; le verre lui-même les arrête en assez forte proportion. Je pourrais répondre que mes vases étaient en verre mince et que mes animaux se tenaient, dans certains cas, si près de la paroi, que la couche d'eau que la lumière avait à traverser était presque nulle. Mais je préfère déclarer que je tenterai de reproduire ces expériences, dans une campagne prochaine, en me mettant à l'abri de ces causes d'erreur.

Je renoncerai donc aux animaux aquatiques, et choisirai certains insectes aériens; j'espère que l'étude de divers animaux qui fuient la lumière avec presque autant d'ardeur que les Daphnies la cherchent, me fournira des résultats intéressants, et dont je m'empresserai de faire part à la Société.

Quoi qu'il en soit, les faits que j'ai ci-dessus rapportés peuvent être résumés dans les formules suivantes, que j'énonce seulement sous la réserve des observations précédentes :

A. — Tous les animaux voient les rayons spectraux que nous voyons.

B. — Ils ne voient aucun de ceux que nous ne voyons pas.

C. — Dans l'étendue de la région visible, les différences dans le pouvoir éclairant des différents rayons colorés sont les mêmes pour eux et pour nous.

En d'autres termes, il existe entre la force vive de certaines vibrations éthérées, d'une part, et, d'autre part, la constitution de la matière nerveuse, envisagée soit dans certaines de ses terminaisons périphériques, soit dans certains centres nerveux, des rapports tels, que cette force vive puisse se transformer en impressions et donner naissance à des sensations et à des perceptions identiques pour chaque vibration prise en particulier.

Paris, février 1870.

